

**ИЗМЕНЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ КОЛЬЦЕВОГО
СЕКТОРА ИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕДИ**

**ROUGHNESS CHANGE DURING PLASTIC
DEFORMATION OF RING SECTOR
FROM THERMO-TECHNICAL COPPER**

Ю.Н. Логинов, М.С. Шалаева

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт материаловедения и металлургии, кафедра обработки металлов давлением

Abstract

It was shown in this work when performing straightening ring sector copper billets internal surface roughness increases dramatically. This phenomenon is due to the rotation of grains of copper.

Состояние внутренней поверхности труб является одним из важных параметров их качества, поскольку именно по каналу трубы происходит движение жидкости или газа. От чистоты этой поверхности зависит сопротивление перемещению этих сред.

Описанию взаимодействия поверхности инструмента с пластически деформируемым материалом с заданной шероховатостью посвящен ряд работ [1,2].

В статье [3] описаны методики оценки состояния полости труб, применяемых в атомной промышленности. Показан большой спектр проблем в этой области, включая анизотропию шероховатости и сложный статистический характер измерений. В статье [4] приведено сравнение параметров шероховатости при одних и тех же методах обработки для меди, латуни, алюминия, нержавеющей стали и никеля. Шероховатость труб малых размеров из нитинола изучали японские специалисты [5]. Они обнаружили, что безоправочное волочение труб приводит к ухудшению качества внутренней поверхности труб, особенно при обжатиях выше 15%. Влияние типа среды на изменение шероховатости при деформации выявлено в работе [6].

Целью работы является выявление факторов, влияющих на состояние внутренней поверхности медных труб при пластической деформации.

Наиболее удобной формой для исследования является форма кольцевого сектора, вырезанного из трубной заготовки. Эта форма позволяет наблюдать за изменением состояния внутренней поверхности. Если к кольцевому сектору приложить нагрузку, то можно изучать воздействие деформаций определенного знака и величины на параметры шероховатости.

Для исследования применили трубную заготовку из меди марки М2, отпрессованную на гидравлическом прессе максимальным усилием 31,5 МН безокислительным методом в воду и с вакуумированием полости. Внешний

диаметр трубы 46,5 мм, внутренний диаметр 40,5 мм, толщина стенки 3 мм. Прессование ведется из сплошного слитка, а полость в трубной заготовке создается методом прессовой прошивки иглой прошивной системы.

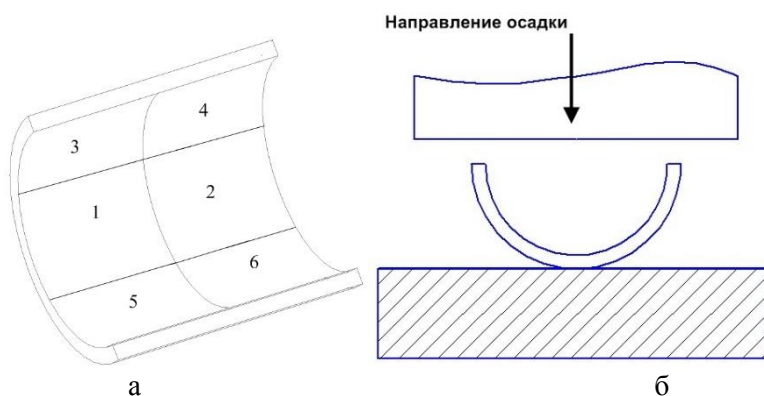


Рис.1. Расположение зон на поверхности кольцевого сектора (а), процесс распрямления кольцевого сектора осадкой (б)

Из трубы вырезаны образцы и разрезаны пополам вдоль образующей с получением кольцевых секторов. Каждый сектор условно разделен на 6 зон (рис.1 а).

Полученные кольцевые секторы труб подвергали разгибу до плоского состояния путем осадки на прессе по схеме рис.1 б.

На образцах измеряли шероховатость на профилометре модели 170622. Принцип действия профилометра – электронный, метод измерения – контактный. Измерение проводили вдоль направления волочения. Условия измерения шероховатости: отсечка шага – 0,8 мм, трасса укорочена (равна двум отсечкам шага). Назначили предел измерений – 10 мкм, погрешность $\pm 0,011$ мкм. Для уменьшения пластического смятия контактных поверхностей применили прокладки из полиуретана.

Параметр шероховатости R_a оценивали в двух сериях испытаний с различным исходным состоянием поверхности (серии 1 и 2) при введении следующих обозначений: $R_{a\text{вд}}$ - шероховатость, оцениваемая вдоль направления прессования (вдоль образующей трубы); $R_{a\text{вп}}$ - шероховатость, оцениваемая в том же направлении после осадки; $R_{a\text{пп}}$ - шероховатость, оцениваемая в ортогональном (поперечном) направлении после осадки.

На рис. 2 отображен рассев значений параметра шероховатости $R_{a\text{вп}}$ по зонам 1-6 в первой серии испытаний до (темные треугольники) и после (светлые треугольники) деформации кольцевого сектора. Как видно из рисунка, после разгиба шероховатость поверхности увеличилась, а также увеличился рассев значений. Такая же ситуация сложилась с данными второй серии испытаний.

В конечном варианте расчетов усреднили параметры шероховатости в двух сериях экспериментов и выявили, что после пластической деформации усредненный параметр шероховатости возрастает в несколько раз. В даль-

нейшем выяснили, что это изменение касается как продольного, так и поперечного направления, кроме того эта закономерность повторяется в двух независимых сериях опытов.

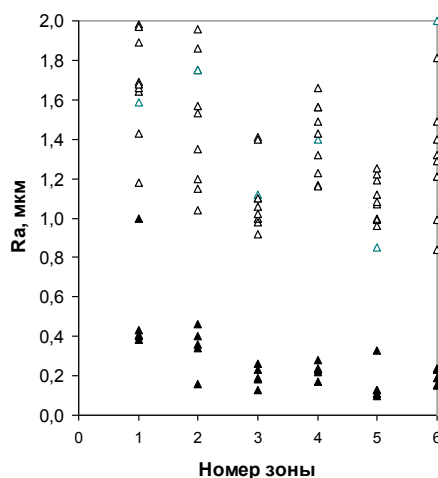


Рис. 2. Рассеив значений параметра шероховатости $Ra_{\text{вн}}$ по зонам 1÷6 в первой серии испытаний до (темные треугольники) и после (светлые треугольники) разгиба

С помощью метода конечных элементов в системе Abaqus (Dassault Systèmes, Student Edition), выполнили анализ напряженно-деформированного состояния при разгибе отрезка трубной заготовки (рис. 3). Выявили, что, при задании трения на контактных поверхностях (коэффициент трения по Кулону $\mu = 0,1$) распределение степени деформации выглядит несимметричным: в верхней части степень деформации достигает значения 0,0624, а в нижней части -0,0565. Таким образом, измерения шероховатости выполнены для степени деформации удлинения около 0,06. Основной гипотезой, объясняющей нарастание шероховатости под влиянием деформации, является разворот зерен меди.

При степени деформации удлинения, равной 0,06, происходит изменение шероховатости внутреннего контура медной трубы от состояния отжига примерно в 6 раз в осевом направлении и примерно в 7 раз в поперечном направлении, что следует учитывать в технологии безправочного волочения.

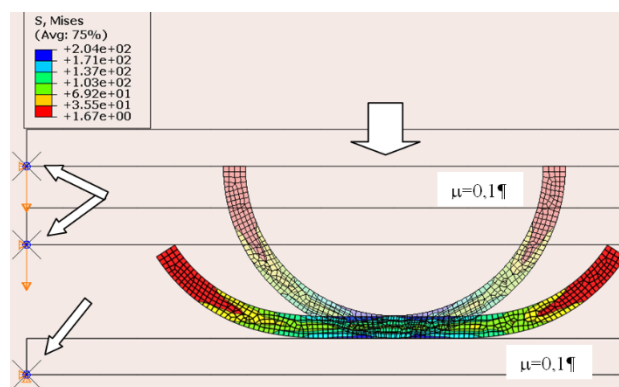


Рис.3. Решение задачи разгиба кольцевого сектора в системе ABAQUS (промежуточная стадия): широкая стрелка показывает направление действия нагрузки, тонкие стрелки – места задания граничных условий для жесткого инструмента, в таблице – эквивалентные напряжения по Мизесу

Литература

1. Xuesheng C., Qin Y., Balendra R.: Development of a statistical parameter-based surface model for the simulation of variation of surface roughness with contact pressure. Journal of Materials Processing Technology, 2004. V. 145, pp. 247÷255.
2. Sachtleber M., Raabe D., Weiland H.: Surface roughening and color changes of coated aluminum sheets during plastic straining. Journal of Materials Processing Technology. 2004, V. 148. pp. 68÷76.
3. Кузнецов Д.Е.: Методики оценки состояния внутренней поверхности труб. Сучасні проблеми металургії, 2008, Т.11, с. 305÷312.
4. Young P.L., Brackbill T.P., Kandlikar S.G. Estimating roughness parameters resulting from various machining techniques for fluid flow applications, Proceedings of the Fifth International Conference on Nanochannels, Microchannels and Minichannels. ICNMM 2007, Puebla, Mexico 2007, pp. 1÷10.
5. Yoshida K., Watanabe M., Ishikawa H.. Drawing of Ni-Ti shape-memory-alloy fine tubes used in mechanical tests, Journal of Materials Processing Technology, 2001, V. 118, pp. 251÷255.
6. Логинов Ю.Н. Концепция описания деформации заготовки, имеющей неровную поверхность, Известия вузов, Черная металлургия, 2004, №5, с. 29÷34.